// # PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 5. 28. October 1899. I. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen.
M. Maier, Beugung und Wellenlänge der Röntgenstrahlen. S. 57.
W. Kaufmann, Ein mechanisches Modell zur Darstellung des Verhaltens Geisslerscher Röhren. S. 59.
Vorträge etc.
L. Boltzmann, Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit. S. 60.
Vorträge und Discussionen von der 71. Naturforscherversammlung zu München:
7. G. W. A. Kahlbaum, Über Metalldestillation. S. 62.
Besprechungen.
Elektricität und Magnetismus von M. Fr. Daniëls. Deutsche Bearbeitung von A. Gockel. S. 64.
Briefkasten. S. 64.
Personalien. S. 64.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Beugung und Wellenlänge der Röntgenstrahlen.[1])

Von M. Maier.

Um bei den Röntgenstrahlen Beugungserscheinungen nachzuweisen und hieraus ihre Wellenlänge zu bestimmen, habe ich auf Anregung des verstorbenen Professors Dr. von Lommel in meinem physikalischen Privatlaboratorium eine umfangreiche experimentelle Arbeit ausgeführt, über die ich hier kurz berichten will. Bei allen meinen Versuchen wurde die betreffende Röntgenröhre von einem Funkeninduktorium von 15 cm Schlagweite bedient. Als Stromquelle diente eine Accumulatorenbatterie. In den primären Stromkreis war ein Ampèremeter eingeschaltet.

Zu den Beugungsaufnahmen dienten drei Hittorfsche-, fünf birnförmige Crookessche- und 15 sog. „Fokusröhren" mit und ohne regulierbares Vakuum, von den verschiedensten Firmen bezogen und mit verschiedenen Funkenlängen. Die Funkenlänge jeder Röhre wurde von mir in der bekannten Weise nachbestimmt. Jeder Versuch, d. h. jede Beugungsaufnahme wurde mit jeder der Röhren mindestens dreimal gemacht. Parallel zu der Röntgenröhre wurde bei Beugungsaufnahmen eine Funkenstrecke in den sekundären Stromkreis eingeschaltet.

Um Beugungserscheinungen zu erhalten, grenzte ich aus einer Stelle der Glaswand der Röntgenröhre mit Hilfe eines Eisenspaltes, dessen Breite zwischen 0,5 und 2 mm variierte, eine Lichtlinie ab und liess die von der Lichtlinie kommenden Röntgenstrahlen, bevor sie auf eine hochempfindliche photographische Platte gelangen konnten, an scharfen Metallkanten vorbeigehen; oder ich liess die Strahlen nach Gestalt, Grösse und Zahl variierte beugende Öffnungen, wie z. B. Schwerdsche Beugungsgitter, durchdringen. Dabei wurde sowohl die Entfernung der Lichtlinie von der beugenden Kante oder vom beugenden Gitter als auch die der letzteren von der lichtempfindlichen Platte mannigfach variiert. Aber alle diese Versuche verliefen ganz resultatlos, indem niemals eine Beugungserscheinung erhalten wurde. Auch nach der Methode Sagnacs angestellte Versuche, bei welchen die Röntgenstrahlen zuerst durch zwei hintereinander aufgestellte Spalte und dann erst durch ein Schwerdsches Beugungsgitter gehen mussten, bis sie auf die lichtempfindliche Platte trafen, hatten negativen Erfolg.

Die allermeisten und eingehendsten Beugungsversuche habe ich angestellt nach der Methode, welche Herr L. Fomm in den „Sitzungsberichten der mathematisch-physikalischen Klasse der Kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München", Bd. 26, Heft II zuerst beschrieben hat. Ist nämlich die beugende Öffnung von zwei parallelen Graden begrenzt, bildet die homogene Lichtquelle eine der Spaltöffnung parallele Lichtlinie, und hat endlich die beugende Öffnung eine symmetrische Lage zur Lichtquelle, so beobachtet man auf einem zum beugenden Spalt parallelen Schirm drei Fransen- oder Streifensysteme, von denen zwei zu beiden Seiten des direkten Spaltbildes liegen und mit der Entfernung vom Schattenrande rasch abnehmende helle und dunkle Streifen, die Maxima und Minima der Lichtintensität, bilden, während das dritte Streifensystem innerhalb des Lichtbildes entsteht.

Dieses innere Streifensystem zeigt die Eigentümlichkeit, dass bei einer bestimmten Entfernung der homogenen Lichtlinie vom beugenden Spalt und Projektionsschirm und bei einer bestimmten Breite des Beugungsspaltes, in der Mitte des Spaltbildes ein dunkler Streifen, das erste Minimum, erscheint, während sich die zu beiden Seiten der Beugungsöffnung auftretenden Streifen immer mehr gegen das Mittelbild hin zusammen-

1) Auszug aus der Münchener Inauguraldissertation.

drängen. Erweitert man den Beugungsspalt, so tritt an die Stelle des Minimums ein Maximum der Lichtintensität und so fort.

In einer grösseren Arbeit über „Die Beugungserscheinungen geradlinig begrenzter Schirme", erschienen in den „Abhandlungen der Kgl. bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München" II. Klasse 1886, Bd. 15, hat Professor von Lommel durch komplizierte mathematische Entwickelungen gezeigt, wie man bei geradlinig begrenzten Öffnungen aus dem Auftreten der oben beschriebenen Maxima und Minima die Wellenlänge des den Beugungsspalt durchdringenden homogenen Lichtes berechnen kann. Die von Lommel erhaltene Schlussformel zur Berechnung der Wellenlänge lautet:

$$\eta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{a+b}{a \cdot b} \cdot r^2,$$

wo λ die gesuchte Wellenlänge, a den Abstand der homogenen Lichtlinie von dem beugenden Spalt, b den Abstand des letzteren von dem Projektionsschirm, hier der photographischen Trockenplatte, r die halbe Breite des Beugungsspaltes und η eine Zahl bedeutet, deren Grösse aus der am Schlusse der Lommelschen Abhandlung befindlichen Figur I zu entnehmen ist.

Für diese Beugungsversuche und Wellenlängenbestimmungen liess ich mir einen geeigneten Beugungsapparat fertigen. Derselbe besteht aus einem Messingrohr, an dessen beiden Enden je ein aus 1,5 mm dicken Stahlplatten gefertigter Spalt angebracht ist. Die beiden Spalte, von denen der eine zur Abgrenzung der Lichtlinie, der andere als beugende Öffnung dient, sind einander genau parallel und können beliebig zu einander verschoben werden. Bei jedem der zwei Spalte ist die eine Stahlplatte fest, während die andere durch eine Mikrometerschraube bewegt werden kann, so dass man dem Spalt eine innerhalb 0 und 4 mm veränderliche Breite zu geben vermag. Die Ganghöhe der Mikrometerschraube beträgt an jedem der zwei Spalte 1 mm, der Trommelumfang ist in 20 Teile geteilt, so dass noch eine lineare Verschiebung von 0,05 mm abgelesen werden kann. Hinter dem Beugungsspalt wird eine hochempfindliche photographische Platte angebracht, welche auf einem am Messingrohr des Beugungsapparates befestigten Metallrahmen in beliebige Entfernungen vom beugenden Spalt geschoben werden kann.

Beugungsspalt und photographische Platte sind durch eine grosse, 2 mm dicke Bleiplatte vor diffuser Strahlung geschützt.

Die Lichtlinie war bei den meisten Versuchen 0,5 mm breit; die Breite des beugenden Spaltes wurde von 2 mm angefangen successive bei jeder neuen Versuchsreihe um einen Teilstrich auf dem Trommelumfang der Mikrometerschraube, d. h. um 0,05 mm verringert, so dass bei der letzten Versuchsreihe die Grösse r in der Lommelschen Formel gleich 0,025 mm wurde. Die Grösse a wechselte bei den verschiedenen Versuchsreihen zwischen 50 und 200 mm, die Grösse b zwischen 30 und 220 mm. Die Expositionszeiten variierten zwischen 3 und 60 Minuten.

Anfangs benutzte ich bei den Fommschen Beugungsversuchen Fokusröhren. Bei allen mit diesen Röhren gemachten Aufnahmen erhielt ich immer nur das Bild des beugenden Spaltes; im Innern des Spaltbildes aber war ein dunkler, dem ersten Minimum entsprechender Streifen niemals zu beobachten. An diesem negativen Resultat änderte sich auch dann nichts, wenn ich die von einer Fokusröhre und einer 0,5 mm breiten Lichtlinie kommenden Röntgenstrahlen absorbierende und fluorescierende Medien, wie z. B. Bromoform, Lösungen von Fluorescein, Urannitrat, Eosin u. s. w., durchlaufen liess, bevor sie durch den beugenden Spalt auf die photographische Platte gelangten.

Ein positives Resultat erhielt ich erst, als ich Crookessche oder Hittorfsche Röhren verwendete. So zeigte sich bei den mit einer birnförmigen Röhre gemachten Aufnahmen im Spaltbilde ein dunkler Streifen, das erste Minimum, wenn die in der Lommelschen Formel vorkommenden Grössen folgende waren: $r = 0{,}05$ mm, $a = 200$ mm und $b = 180$ mm. Hieraus berechnet sich die Wellenlänge der Röntgenstrahlen λ zu 15 $\mu\mu$! Unter denselben Versuchsbedingungen wurden die Beugungsaufnahmen, der Sicherheit des Resultates wegen sehr oft wiederholt, und jedesmal war im Spaltbilde der dunkle Streifen, das erste Minimum, zu beobachten. Mit einer 32 cm langen, cylinderförmigen Hittorfschen Röhre erhielt ich die Wellenlänge der Röntgenstrahlen zu 15,3 $\mu\mu$! Herr Fomm hat bei seinen Versuchen die Wellenlänge der Röntgenstrahlen zu 14 $\mu\mu$ gefunden. Die Länge der äussersten, von Schumann unter Anwendung von Flussspatprisma, Vakuum, Camera und gelatineloser Bromsilberplatte photographierten Wellen im ultravioletten Spektrum beträgt 100 $\mu\mu$!

Mit Rücksicht auf die von Herrn B. Walter[1]) aufgestellte Hypothese von der Natur der Röntgenstrahlen änderte ich meine Beugungsversuche dahin ab, dass ich die Röntgenstrahlen, bevor sie den beugenden Spalt passierten und zur photographischen Platte gelangten, durch ein Hochfrequenzfeld gehen liess. Das Hochfrequenzfeld wurde hergestellt durch einen Tesla-Transformator, der in den sekundären Kreis eines Induktoriums von 8 cm Schlagweite eingeschaltet war. Allein das Hochfrequenzfeld äusserte keinen Einfluss auf

1) B. Walter, Wied. Ann. 66, p. 73 ff. 1898.

den Gang der Röntgenstrahlen; denn es erschien bei den nämlichen Versuchskonstanten, wie früher, in dem Spaltbilde der nämliche dunkle Streifen, das erste Minimum.

Das Resultat änderte sich nicht, wenn das Hochfrequenzfeld mit der von Lecher beschriebenen Anordnung erzeugt wurde.

Auch mit den nach der von Sagnac[1]) angegebenen Methode transformierten Röntgenstrahlen habe ich sehr viele Beugungsversuche gemacht. Allein ich konnte nie, auch bei noch so lange dauernder Exposition, ein deutliches Bild auf der photographischen Platte erhalten. Übrigens ist experimentell nachgewiesen, dass die transformierten Röntgenstrahlen ein weit geringeres Durchdringungsvermögen besitzen als die direkten.

In letzter Zeit haben auch die Herren Haga und Wind in „Wiedemanns[2]) Annalen" die Resultate ihrer Untersuchungen über Beugung der Röntgenstrahlen veröffentlicht. Beide Physiker negieren die Realität der im Spaltbild auftretenden Fommschen Streifen, halten aber an der Wellennatur der Röntgenstrahlen fest. Aus den Verbreiterungen des Bildes beim Schmälerwerden des Spaltes erhalten sie mit Hilfe einer von Fresnel aufgestellten mathematischen Beziehung Wellenlängen der Röntgenstrahlen, die zwischen den Grenzen von 0,17 und 0,012 $\mu\mu$ gelegen sind. Die Verbreiterung des Spaltbildes konnte ich bei meinen Versuchen immer nur dann beobachten, wenn zur Erzeugung der Röntgenstrahlen eine Hittorfsche oder Crookessche Entladungsröhre verwendet wurde. Mit sog. Fokusröhren erhielt ich immer nur ein reines Spaltbild ohne irgendwelche Verbreiterung. Dass die im Spaltbilde beobachteten Fommschen Streifen auf einer optischen Täuschung beruhen, wie Haga und Wind glauben, müsste erst experimentell mit gewöhnlichen Lichtstrahlen nachgewiesen werden. Da jede Entladungsröhre Röntgenstrahlen von verschiedener Wellenlänge aussendet, so werden auch die Beugungserscheinungen nie so reine sein wie bei orthochromatischem Licht.

Schaufling bei Deggendorf.

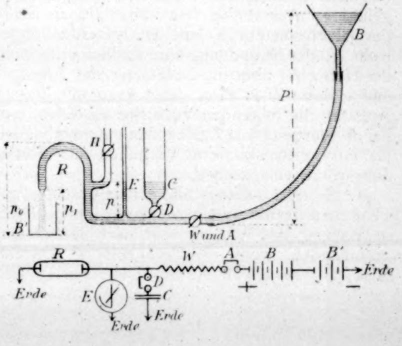
(Eingegangen 28. Septbr. 1899.)

W. Kaufmann, Ein mechanisches Modell zur Darstellung des Verhaltens Geisslerscher Röhren.

Es hat sich vielfach als nützlich erwiesen, die elektrodynamischen Gesetze durch mechanische Modelle dem Verständnis näher zu bringen; von den vielerlei Arten möglicher mechanischer Analogien dürfte wohl ein in einer Rohrleitung fliessender Wasserstrahl sich als die zweckmässigste gezeigt haben. Alle Gleichungen, welche in einem zusammenhängenden System metallischer Leiter zwischen Stromstärke, Spannung, Widerstand, elektromotorischer Kraft, Selbstinduktion und Kapazität auftreten, lassen sich vollkommen identisch für einen Wasserstrom aufstellen, wenn man folgende Analogien einführt:

Elektrisch	Mechanisch
Stromstärke	Stromstärke
Spannung	Druck
Widerstand	Reibungskoefficient
Elektromotor. Kraft	Druckhöhe des Pumpwerkes
Selbstinduktionskoeff.	Doppelte kinet. Energie der Flüssigkeit bei der Stromstärke 1
Kapazität eines Kondensators.	Querschnitt eines Sammelgefässes.

Während derartige Analogien, resp. auf Grund derselben ausgeführte Modelle für me-



tallische Leitersysteme, wie schon gesagt, vielfach angewandt worden sind, ist es meines Wissens noch nicht versucht worden, die Erscheinungen in einem Geisslerschen Rohre mit Hilfe eines Wasserstromes darzustellen.

Das im folgenden zu beschreibende, höchst einfache Modell gestattet folgende, für das Verhalten einer mit Stickstoff von etwa 1 mm Druck gefüllten Röhre typische Erscheinungen[1]) nachzuahmen:

1. Zur Einleitung des Stromes ist ein bestimmtes Potential, das „Entladungspotential" notwendig.

2. Ist der Strom einmal eingeleitet, so kann das Potential bis auf einen bedeutend geringeren Wert erniedrigt werden, ehe der Strom erlischt.

3. Das Potential ist nur sehr wenig von der Stromintensität abhängig.

4. Sinkt der Strom länger als eine gewisse, sehr kleine Zeit unter einen bestimmten Mini-

1) Sagnac, C. R. 125, p. 942. 1897.
2) H. Haga und C. H. Wind, Wied. Ann. 68, p. 884 ff. 1899.

1) W. Hittorf, Wied. Ann. 7, 553. 1879. 20, 705. 1883.

malwert, so erlischt er ganz und kann nur dadurch wieder eingeleitet werden, dass die Spannung wieder bis auf das Entladungspotential erhöht wird.

5. Unterhalb eines gewissen Wertes der Stromintensität wird der Strom diskontinuierlich.

6. Wenn der Strom diskontinuierlich ist, so kann die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Stromstössen durch Parallelschalten einer Kapazität vergrössert werden.

Im oberen Teile der Figur ist das Modell dargestellt und darunter eine Geisslersche Röhre mit Vorschaltwiderstand; die einander analogen Teile sind mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

Dem positiven Ende B der Batterie entspricht im Modell das Druckgefäss B, dem negativen Ende das Auffangegefäss B'; der Ausschalter A und Vorschaltwiderstand W werden im Modell durch einen Hahn ersetzt, dem Kondensator C entspricht ein Gefäss C, dem zugehörigen Ausschalter ein Hahn D; an Stelle des Elektrometers E tritt ein geteiltes enges Rohr E, der Entladungsröhre endlich entspricht der Heber R; über die Bedeutung des Ansatzes und Hahnes H s. w. u. Man kann mit diesem Apparat die folgenden Versuche anstellen, wobei die vorgesetzten Zahlen den entsprechenden für das oben skizzierte Verhalten der Entladungsröhre entsprechen.

1. Es seien anfangs alle Hähne geschlossen; wenn man dann zuerst bloss W vorsichtig öffnet, so vermag das Wasser aus dem Heber nur auszufliessen, wenn die Druckhöhe P des Gefässes $B > p_0$, der Höhe des Hebers ist. (Die Füllung des genannten Hebers mit Wasser entspricht dem Übergang des Gases aus dem nichtleitenden in den leitenden Zustand.)

2. Nachdem der Ausfluss einmal begonnen hat, kann man den Druck bis auf p_1 erniedrigen, ohne dass der Strom aufhört.

3. Man kann die Stromstärke durch Drehen des Hahnes W, resp. durch Verändern von P in sehr weiten Grenzen variieren, ohne dass die Druckhöhe p in E mehr als einige Millimeter variiert.

4. Um das selbstthätige Erlöschen der Leitfähigkeit nachzuahmen, öffnen wir ein wenig den Hahn H. Ist der Strom sehr stark, so wird das Wasser in dem unteren Ende des Ansatzrohres stehen bleiben und der Strom fliesst konstant weiter; wenn dagegen der Strom durch Zudrehen von W oder Senken von B geschwächt wird, so wird von einem gewissen Stromwerte an Luft durch H in den Heber treten und den Strom unterbrechen. Sofort steigt jedoch die Flüssigkeit wieder bis zur Höhe p_0 und der Strom beginnt von neuem.

5. Man erhält also einen in regelmässigen Zwischenräumen intermittierenden Strom.

6. Schaltet man jetzt durch Öffnen von D das Gefäss von C ein, so wird die Oscillationsdauer bedeutend vergrössert, da erstens die zufliessende Wassermenge jetzt nicht nur den Heber, sondern auch C bis zur Höhe p_0 anfüllen muss, und zweitens eine längere Zeit vergeht, bis die nunmehr vergrösserte Wassermenge abgeflossen ist.

Göttingen, Physikal. Institut, 9. Oktbr. 1899.

(Eingegangen 10. Oktbr. 1899.)

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.[1])

Von Ludwig Boltzmann.

Hochansehnliche Versammlung!

In den früheren Jahrhunderten schritt die Wissenschaft durch die Arbeit der erlesensten Geister stetig, aber langsam fort, wie eine alte Stadt durch Neubauten betriebsamer und unternehmender Bürger in stetem Wachstume begriffen ist. Dagegen hat das gegenwärtige Jahrhundert des Dampfes und Telegraphen sein Gepräge nervöser, überhastender Thätigkeit auch dem Fortschritte der Wissenschaft aufgeprägt. Namentlich die Entwickelung der Naturwissenschaft in neuerer Zeit gleicht mehr der einer modernsten amerikanischen Stadt, die in wenigen Decennien vom Dorfe zur Millionenstadt wird.

Man hat wohl mit Recht Leibniz als den letzten bezeichnet, der noch im stande war, das gesamte Wissen seiner Zeit in einem einzigen Menschenkopfe zu vereinigen. Allerdings hat es auch in neuerer Zeit nicht an Männern gefehlt, welche durch den enormen Umfang ihrer Kenntnisse in Staunen setzten. Ich erwähne da nur Helmholtz, welcher vier verschiedene Wissenszweige, die Philosophie, Mathematik, Physik und Physiologie, mit gleicher Meisterschaft beherrschte. Allein, das waren doch nur einzelne, mehr oder minder verwandte Zweige des gesamten menschlichen Wissens; dieses reicht viel, viel weiter.

1) Vortrag, gehalten in der allgemeinen Sitzung der Münchener Naturforscherversammlung, Freitag, den 22. September 1899.

Die Folge dieser enormen, in rapidem Wachstume begriffenen Ausdehnung unserer positiven Kenntnisse war eine bis ins kleinste Detail gehende Arbeitsteilung in der Wissenschaft, welche fast schon an die in einer modernen Fabrik erinnert, wo der eine nichts als das Abmessen, der zweite das Schneiden, der dritte das Einschmelzen der Kohlenfäden zu besorgen hat u. s. w. Gewiss ist eine derartige Arbeitsteilung dem raschen Fortschritte der Wissenschaft enorm förderlich, ja für denselben geradezu unentbehrlich; aber ebenso gewiss birgt sie auch grosse Gefahren. Der für jede ideale, auf die Entdeckung von wesentlich neuem, ja nur wesentlich neuen Verbindungen der alten Gedanken gerichtete Thätigkeit unerlässliche Überblick über das Ganze geht dabei verloren. Um diesem Übelstande nach Möglichkeit zu begegnen, ist es wohl nützlich, wenn von Zeit zu Zeit ein einzelner mit dieser wissenschaftlichen Detailarbeit Beschäftigter einem grösseren, wissenschaftlich gebildeten Publikum einen Überblick über die Entwickelung desjenigen Wissenszweiges zu geben sucht, den er bearbeitet.

Es ist dies mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Die schier endlos lange Reihe von Schlüssen oder Einzelversuchen, deren Ziel irgend ein Resultat bildet, ist nur für denjenigen übersichtlich und leicht verständlich, der sich das Durchwandern gerade dieser Vorstellungsreihen zur Lebensaufgabe gemacht hat. Dazu kommt noch, dass sich zur Abkürzung der Ausdrucksweise und Erleichterung der Übersicht überall die Einführung einer sehr grossen Zahl neuer Bezeichnungen und gelehrter Wörter als nützlich erwies. Der Vortragende kann nun einerseits nicht durch Erklärung aller dieser neuen Begriffe die Geduld seiner Zuhörer schon erschöpfen, bevor er zu seinem eigentlichen Gegenstande kommt, und andererseits ohne dieselben sich nur schwer und unbehilflich verständlich machen. Auch darf die populäre Darstellung nie als Hauptsache betrachtet werden. Dies würde zu einer Verflachung der Strenge der Schlüsse und zum Aufgeben jener Exaktheit führen, welche zum Epitheton der Naturwissenschaft, und zwar zu ihrem nicht geringen Stolze, geworden ist. Wenn ich daher zum Thema meines gegenwärtigen Vortrages eine populäre Darstellung des Entwickelungsganges der theoretischen Physik in der neueren Zeit gewählt habe, so war ich mir wohl bewusst, dass mein Ziel in der Vollkommenheit, in der es meinem Geiste vorschwebt, nicht erreichbar ist, und dass ich nur das allgemein Wichtigste in rohen Umrissen werde zeichnen können, während ich hier und da wieder durch den der Vollständigkeit halber nötigen Vortrag von allzu Bekanntem werde Anstoss erregen müssen.

Die Hauptursache des rapiden Fortschrittes der Naturwissenschaft in der letzten Zeit liegt unzweifelhaft in der Auffindung und Vervollkommnung einer besonders geeigneten Forschungsmethode. Auf experimentellem Gebiete arbeitet dieselbe oft geradezu automatisch weiter, und der Forscher braucht nur gewissermassen stets neues Material aufzulegen, wie der Weber neues Garn auf den mechanischen Webstuhl. So braucht der Physiker nur immer neue Substanzen auf ihre Zähigkeit, ihren elektrischen Widerstand u. s. w. zu untersuchen, dann dieselben Bestimmungen bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffes, dann wieder des Moissanschen Ofens zu wiederholen, und ähnlich geht es bei manchen Aufgaben der Chemie. Freilich gehört immer noch genug Scharfsinn dazu, immer gerade die Versuchsbedingungen zu finden, unter denen die Sache geht.

Nicht ganz so einfach steht es mit den Methoden der theoretischen Physik; doch kann auch da in gewissem Sinne von einem automatischen Fortarbeiten gesprochen werden.

Diese hohe Bedeutung der richtigen Methode erklärt es, dass man bald nicht bloss über die Dinge nachdachte, sondern auch über die Methode unseres Nachdenkens selbst; es entstand die sogenannte Erkenntnistheorie, welche trotz eines gewissen Beigeschmackes der alten nun verpönten Metaphysik für die Wissenschaft von grösster Bedeutung ist.

Die Fortentwickelung der wissenschaftlichen Methode ist sozusagen das Skelett, das den Fortschritt der gesamten Wissenschaft trägt; deshalb will ich im folgenden die Entwickelung der Methoden in den Vordergrund stellen und gewissermassen bloss zu ihrer Erläuterung die erzielten wissenschaftlichen Resultate einflechten. Letztere sind ja ihrer Natur nach leichter verständlich und allgemeiner bekannt, während gerade der methodische Zusammenhang am meisten der Erläuterung bedarf.

Einen besonderen Reiz gewährt es, an die historische Darstellung einen Ausblick auf die Entwickelung der Wissenschaft in einer Zukunft zu knüpfen, welche zu erleben uns kraft der Kürze des Menschendaseins versagt ist. In dieser Beziehung will ich schon im voraus gestehen, dass ich nur Negatives bieten werde. Ich werde mich nicht vermessen, den Schleier zu heben, der die Zukunft umhüllt; dagegen will ich Gründe darlegen, welche wohl geeignet sein dürften, vor gewissen, allzu raschen Schlüssen auf die zukünftige Entwickelung der Wissenschaft zu warnen.

Betrachten wir den Entwickelungsgang der Theorie näher, so fällt zunächst auf, dass derselbe keineswegs so stetig erfolgt, als man wohl

erwarten würde, dass er vielmehr voll von Diskontinuitäten ist und wenigstens scheinbar nicht auf dem einfachsten, logisch gegebenen Wege erfolgt. Gewisse Methoden ergaben oft noch soeben die schönsten Resultate, und mancher glaubte wohl, dass die Entwickelung der Wissenschaft bis ins Unendliche in nichts anderem, als ihrer stetigen Anwendung bestehen würde. Im Gegensatze hierzu zeigen sie sich plötzlich erschöpft, und man ist bestrebt, ganz neue, disparate aufzusuchen. Es entwickelt sich dann wohl ein Kampf zwischen den Anhängern der alten Methoden und den Neuerern. Der Standpunkt der ersteren wird von ihren Gegnern als ein veralteter, überwundener bezeichnet, während sie selbst wieder die Neuerer als Verderber der echten klassischen Wissenschaft schmähen.

Es ist dies übrigens ein Prozess, der keineswegs auf die theoretische Physik beschränkt ist, vielmehr in der Entwickelungsgeschichte aller Zweige menschlicher Geistesthätigkeit wiederzukehren scheint. So glaubte vielleicht mancher zu den Zeiten Lessings, Schillers und Goethes, dass durch stete Weiterentwickelung der von diesen Meistern gepflegten idealen Dichtungsweise für die dramatische Litteratur aller Zeiten gesorgt sei, während heutzutage total verschiedene Methoden dramatischer Dichtung gesucht werden und die rechte vielleicht noch gar nicht gefunden ist.

In ganz ähnlicher Weise stehen der alten Malschule die Impressionisten, Secessionisten, Pleine-airisten, steht der klassischen Tonkunst die Zukunftsmusik gegenüber. Letztere ist doch nicht schon wieder veraltet? Wir werden uns daher nicht mehr wundern, dass die theoretische Physik keine Ausnahme von diesem allgemeinen Entwickelungsgesetze ist.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

Georg W. A. Kahlbaum (Basel), Über Metalldestillation.

Die Arbeiten, über die ich heute berichte, haben mich eine ganze Reihe von Jahren beschäftigt. Zwar habe ich bereits darüber vorgetragen, in Lausanne vor der schweizerischen Versammlung, und in Nürnberg; damals aber, jetzt darf ich es gestehen, geschah das durchaus gegen meinen Willen.

Durch Indiskretion war in dem Katalog eines Apparatenhändlers der von mir konstruierten Pumpe beigefügt, dass man mit Hilfe derselben auch Metalle destillieren könne, und da musste ich wohl oder übel doch sagen, was damals Wahres daran war.

Ich that das ungern, weil ich noch vor Schranken stand, die erst zu überwinden waren; heute sind dieselben gefallen, und ist das gesteckte Ziel erreicht, das Ziel nämlich, eine der bequemsten Reinigungsmethoden der organischen Chemie, die Destillation, und zwar die fraktionierte Destillation, auf die Metalle, und zwar auf alle Metalle, anzuwenden.

Ich habe also eine neue Methode zu beschreiben. In ihrer Ausführung ist sie sehr einfach: ein Destillierofen, eine Luftpumpe und ein Manometer, das ist alles, was man braucht. Die Schwierigkeit bestand allein darin, eine Pumpe zu bauen, die tage- und wochenlang einen Druck von einigen Hunderttausendstelmillimetern hält, ein Manometer zu beschaffen, das solche Grössen bequem zu messen gestattete, und handliche, nicht zu kostspielige Destillationsapparate anfertigen zu lassen, die tage- und wochenlang, ohne undicht zu werden, Temperaturen von 1000°, 1200°, auch 1400° aushielten und auch noch eine kurze Zeit hindurch bis auf etwa 1600° erhitzt werden konnten.

Denn das musste ja erreicht werden, wenn wirklich Metalle destilliert werden sollten, es mussten dieselben längere Zeit, bei sehr niederen Drucken, möglichst hohen Temperaturen ausgesetzt werden können.

Ich begann natürlich mit den leichtest siedenden Metallen, den Alkalien, und arbeitete zunächst in Glas.

Ein U-förmiges Glasrohr aus schwer schmelzbarem Glase, dessen einer geschlossener Schenkel in einen eisernen Tiegel tauchte, während der andere offene, dem zur Pumpe führenden Teile des ganzen Apparates aufgeschliffen war, diente als Destilliergefäss. Erhitzt wurde in Bädern aus leichtflüssigen Metalllegierungen.

Das ging gut für Kalium und Natrium, nicht mehr für Lithium, weil Lithium das Glas angreift, deshalb wurde ein Silbertiegel in das Glasrohr eingesetzt.

Ich will bei dem Lithium einschiebend bemerken, dass die eine, von Bunsen und Mathiesen herrührende Angabe des Schmelzpunktes mit 180° mir falsch zu sein scheint, ich vermute durch einen Schreib- oder Druckfehler; es muss voraussichtlich 480° heissen. Ich wenigstens habe Lithium in siedendem Schwefel nicht schmelzen können. Übrigens habe ich die Arbeit nicht zu Ende geführt. Lithium ist

eine höchst ungemütliche Substanz; bei einem Schmelzversuch explodierte mir die ganze Geschichte, so dass ich die Finger davon liess; zudem ist es recht teuer. Ich will damit aber durchaus keine endgültigen Resultate angegeben haben.

Aus Glas lassen sich eine ganze Reihe Metalle destillieren, z. B. Wismuth, Silber, Kadmium, Magnesium, Thallium u. s. w., die ich nicht alle aufzählen will; ja es würden sich, meiner Erfahrung nach, wohl die bei weitem grössere Zahl derselben aus Glas destillieren lassen, wenn das Glas nicht weich und dann durch den Luftdruck zusammengedrückt würde. — Das Glas hat drei grosse Vorzüge: 1. Durchsichtigkeit, 2. Billigkeit, 3. bequeme Bearbeitbarkeit; alle Glasapparate kann ich mir vor der Lampe selbst blasen.

Ich ging also recht ungern vom Glase ab. So habe ich mir zunächst mit eingesetzten Tiegeln, wie ich sie für das Lithium verwenden musste, weiter geholfen; aber das ging auch nicht viel weiter, denn auch die Silbertiegel wurden weich und zusammengepresst.

Besser geht es mit Platintiegeln, aber die kosten zu viel, und zudem wird das Platin bei hohen Temperaturen leichter angegriffen, als man glaubt. Zudem wird der Platintiegel auch im Innern des Glasrohres hochgeschoben, indem das Glas unten zusammenschmilzt und den Tiegel hebt.

Immer, um beim Glas bleiben zu können, habe ich dann Porzellantiegel in der Kgl. Porzellan-Manufaktur in Berlin machen lassen, die ich in die Glasröhren einschob.

Ich will hier die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, der Direktion dieses Kgl. Institutes meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für die ausserordentliche Zuvorkommenheit, mit der dieselbe meinen vielen Anliegen stets entgegengekommen ist.

Die Porzellantiegel in Glas haben sich wohl bewährt; da der Boden der Tiegel hellglühend wird, so kann man die Vorgänge im Innern des Destillationsrohres gut beobachten; man sieht, was vorgeht; man weiss, wann die Destillation beginnt. Solange dieselbe fortgeht, ist auch nichts zu befürchten, aber wenn man unterbricht und auch noch so langsam erkalten lässt, so kommt doch ein Punkt, an dem das Glas, wegen der verschiedenen Ausdehnung, um das Porzellan springt. Die Metalle sind dann noch heiss und oxydieren, und das Ziel musste ja natürlich sein, erst wenn der Apparat ganz erkaltet war, Luft hinein zu lassen, eben so wie auch erst mit der Erwärmung begonnen wird, wenn der Apparat ganz luftleer ist.

Doch habe ich mir auch über dieses Springen weghelfen können. Ich habe um die Porzellantiegel gewissermassen einen Verband von Asbest gelegt, den ich mir aus Asbest und Wasser anrührte, wobei man einen plastischen Teig erhält. Dieser Teig wurde um den Tiegel gepappt, getrocknet, und der Tiegel dann in das Destillierrohr geschoben, und dasselbe zugeschmolzen. Hat man auf diese Weise zwischen dem Glas und dem Porzellan eine Schicht Asbest, so springen, wenn man nicht zu hohe Temperaturen braucht, die Glasrohre nicht mehr; so vorbereitet, kann man Kupfer z. B. und Gold noch aus Glas destillieren.

Braucht man noch höhere Temperaturen, so tritt derselbe Übelstand ein, der schon an dem Platintiegel gerügt wurde: der Tiegel wird gehoben bis an die Biegestelle, und beim Erkalten springt das Glasrohr dort. Ganz satt hineinpassen kann man den Tiegel nicht, wegen des nachherigen Schliessens des Rohres.

Ich musste also für die sehr hoch siedenden Metalle, wie Eisen, Chrom, Nickel u. s. w., zu Porzellanröhren meine Zuflucht nehmen, die für alle Metalle, die ich bisher bearbeitete, genügten.

Als Heizmittel habe ich ein gewöhnliches Wassertrommelgebläse, das Tag und Nacht ununterbrochen arbeitete, benützt, und demselben eine kurze Zeit hindurch, etwa $1\frac{1}{2}$, auch 2 Stunden, ein Sauerstoffgebläse substituiert. Länger kann man ein solches Gebläse nicht verwenden, weil es einfach alles durchbrennt.

Natürlich habe ich längst die Metallbäder und Eisentiegel, auch den Rost, auf dem der Tiegel ruht, durch Porzellan ersetzt, weil anhaltendes Erhitzen auf so hohe Temperaturen eben nur Porzellan, Steingut, Chamotte und dergl. aushält, wovon Porzellan immer das sauberste Arbeiten gestattet.

Tiegel und Rost halten auch die Operation ohne jede Gefährdung aus, wenn man die kleine Vorsicht gebraucht, zwischen die Berührungsstellen dünne Asbestplättchen zu legen; geschieht das nicht, so drückt der Rost den Tiegel, der nicht gehoben werden kann, beim Anwärmen zusammen, so dass er springt.

Das Sauerstoffgebläse, resp. den Fletcherbrenner, hält auch der Porzellantiegel auf die Dauer nicht aus, er schmilzt zusammen, so dass das Porzellan abtropft und der Tiegel ein Loch kriegt, und die Huppererde, die ich als Sandbad benütze, kalkhaltiger Sand wäre längst zusammengeschmolzen, herauslaufen würde.

Dem zu begegnen, lege ich in die Tiegel dünne Quarzplatten, die dann meist halten; setzt man aber die Operation lange fort, so werden auch diese einfach rund durchgeschmolzen. Das ist mir passiert beim Zinn, wo dann schliesslich auch noch das Destillierrohr mit durchbrannte.

Erst bei diesen höchsten Temperaturen ist es mir denn auch gelungen, einige Tröpfchen Zinn zu destillieren, während bei Gelegenheit des Elektrochemiker-Kongresses zu München, 1897, ein Herr eine ganze Flasche mit destil-

liertem Zinn, wie er behauptete, vorlegte, und ich auf meine bescheidene Bemerkung, dass es mir bis dahin nicht gelungen sei, Zinn im Vakuum zu destillieren, aus den Reihen der Zuhörer, mit der Unbefangenheit vollkommenster Sachunkenntnis, belehrt wurde, dass Zinn bekanntlich sehr leicht destilliere.

Das, was da vorgewiesen und für destilliertes Zinn ausgegeben wurde, war natürlich nichts als mechanisch mitgerissener Flugstaub.

(Schluss im nächsten Heft.)

BESPRECHUNGEN.

Elektricität und Magnetismus. Von Prof. Dr. M. Fr. Daniëls. Autorisierte deutsche Bearbeitung von Dr. A. Gockel: Freiburg (Schweiz), Universitätsbuchhandlung (B. Veith) 1899. III u. 307 p. p. Preis 4.50 M.

Trotzdem es bei uns nicht an guten elementaren Darstellungen der Elektricitätslehre fehlt, ist diese Übersetzung des Daniëlsschen Buches mit Dank und Freude zu begrüssen. Denn die Einfachheit und Durchdachtheit seiner Entwickelung, die Klarheit und Schärfe seiner Fragestellung, die Einheitlichkeit und Abgeschlossenheit seines Aufbaues, die Strenge und Wissenschaftlichkeit des theoretischen Gesamtbildes, zu dem das Buch mit elementarsten Mitteln hinzuführen weiss, sichern ihm eine günstige Aufnahme auch in Deutschland. Den Studierenden der Physik, Elektrotechnik u. s. w. in den ersten Semestern könnte man meines Erachtens kaum eine bessere Einführung empfehlen.

Die experimentellen wie theoretischen Forschungen sind bis in die neueste Zeit verwertet. In dem Kapitel über elektrische Wellen z. B. sind schon die von Rubens und Nichols mit den Reststrahlen des Flussspates angestellten Versuche über Absorption dieser kleinen elektromagnetischen Wellen in einem System entprechend abgestimmter Resonatoren aufgenommen. — Überall ist das Thatsachenmaterial in wohldurchdachter Folge vorangestellt, um, meist in besonderen Kapiteln, zu einem theoretischen Gesamtbild zusammengefasst zu werden. Diese von allen Einseitigkeiten und Überschätzungen freigehaltenen theoretischen Übersichten haben dem Referenten besonders gefallen. So ist z. B. die Arrheniussche Dissociationstheorie, die osmotische Theorie der galvanischen Kette von Nernst, die elektromagnetische Lichttheorie, die Lorentzsche Theorie des Zeemanneffektes, ja selbst die Maxwellsche Ätherwirbelvorstellung des elektromagnetischen Feldzustandes in grossen, aber klaren Umrissen skizziert. Immer tritt vor allem die grosse ordnende, „ökonomische" Kraft solcher Theorien hervor und nie wird über ihre hypothetische Natur und über die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit hinweggetäuscht.

Als weiterer Vorzug ist die weitgehende Berücksichtigung technischer Anwendungen und die Einfügung technologischer und technisch-statistischer Angaben zu nennen. Wir finden u. a. die Einrichtungen für die Aluminiumgewinnung in Neuhausen, das Löten und Schweissen durch den elektrischen Strom, den Moissanschen Ofen, die Karborundum- und Kalciumkarbidgewinnung im elektrischen Ofen, die Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt mit einer kleinen Energiebilanz, ja schon die Nernstsche Lampe anmerkungsweise behandelt.

Mit welchem Zusammenhang freilich die Duboissche magnetische Wage an den Schluss des Kapitels Telephonie und Induktionswagen gesetzt ist, ist dem Referenten nicht klar geworden.

Zu rügen ist, dass zum Teil die Figuren aus dem holländischen Original übernommen sind, ohne die holländischen Aufschriften zu ändern. Die Ausstattung ist sonst gut.

Hermann Th. Simon.

Briefkasten.

An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift.

Auf die im 1. Hefte der „Physikalischen Zeitschrift" im Briefkasten pag. 35 gestellte Frage nach einer Reinigungsmethode für Metallgitter kann ich Ihnen eine Antwort geben, welche ich erst kürzlich auf eine entsprechende Anfrage von Brashear selbst erhalten habe.

Brashear empfiehlt, die Reinigung seiner Gitter in der Weise vorzunehmen, dass man einen Wattebausch in eine Mischung von Alkohol und einer sehr geringen Quantität Schlämmkreide taucht und damit einigemal in der Richtung der Striche leicht über das Gitter fährt. Ammoniak anzuwenden widerriet er mir.

Hochachtungsvollst

Astrophysikalisches Observatorium zu Potsdam, 18. Okt. 1899. Prof. Dr. Kempf.

Personalien.

In der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen habilitierte sich Dr. phil. Wedekind aus Altona, mit einer Vorlesung über „Die Grundlagen und Aussichten der Stereochemie".

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.